

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-312997

(43)Date of publication of application : 09.11.2001

(51)Int.Cl.

H01J 61/073
H01J 9/02
H01J 9/395
H01J 61/20
H01J 61/86
H01J 61/88
H05B 41/16

(21)Application number : 2000-131425

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD

(22)Date of filing : 28.04.2000

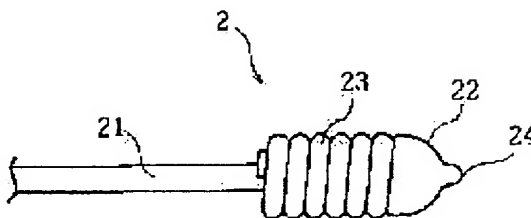
(72)Inventor : ONO SHUNSUKE
KITAHARA YOSHIKI
NAGAI HARUO

(54) HIGH-PRESSURE DISCHARGE LAMP, ITS PRODUCING METHOD AND ITS LIGHTING METHOD AND DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a short arc type high-pressure discharge lamp having a long service life and hardly causing arc jump phenomenon.

SOLUTION: The short-arc type high-pressure discharge lamp where a distance from a luminescent tube to an electrode tube is in the range of 0.5-2.0 mm and mercury vapor pressure in the tube under a normally lighting condition is 15-35 MPa comprises an electrode 2, having an electrode portion 22 at the end with a diameter larger than that of an electrode shaft 21, machined into a convex shape, and a protruded portion 24 formed around the center at the end of the electrode portion 22. A discharge arc, when generated, is focused stably at a position of the protruded portion 24, effectively restraining the arc jump phenomenon.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.11.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3327895

[Date of registration] 12.07.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-312997
(P2001-312997A)

(43)公開日 平成13年11月9日(2001.11.9)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターマコード(参考)
H 0 1 J	61/073	H 0 1 J	61/073
	9/02		9/02
	9/395		9/395
	61/20		61/20
	61/86		61/86

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-131425(P2000-131425)

(22)出願日 平成12年4月28日(2000.4.28)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 小野 俊介

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業
株式会社内

(72)発明者 北原 良樹

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業
株式会社内

(74)代理人 100090446

弁理士 中島 司朗 (外1名)

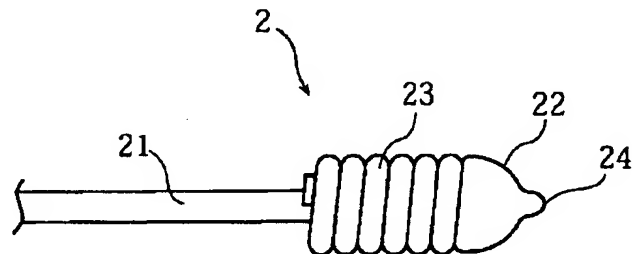
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 高圧放電ランプ、当該ランプの製造方法および当該ランプの点灯方法並びに点灯装置

(57)【要約】

【課題】 寿命が長く、アークジャンプ現象の発生しにくいショートアーク形高圧放電ランプを提供する。

【解決手段】 発光管の電極管距離が0.5～2.0mmの範囲であり、かつ定常点灯状態にける管内水銀蒸気圧が15MPa～35MPaの範囲にあるショートアーク型の高圧放電ランプであって、その電極2が、先端部に電極軸21より大径であって凸曲面の形状をなすように加工された電極部22を有し、電極部22の先端の中心付近に突起部24が形成される。これにより、放電アークの発生位置が突起部24の位置に安定的に集束し、アークジャンプ現象の発生を効果的に抑制する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一対の電極が、その先端部同士が発光管内で対向するように配設されてなる高圧放電ランプであって、

前記一対の電極の少なくとも一方の電極軸の先端には、軸方向の単位長さ当たりの体積が当該電極軸の軸部分よりも大きい電極部が形成されると共に、当該電極部の、相手方の電極先端部に対向する部分に突起部が設けられていることを特徴とする高圧放電ランプ。

【請求項 2】 前記電極部の他の電極と対向する面は、凸曲面に形成されると共に、前記突起部は、相手方の電極先端部に最も近接する位置に設けられていることを特徴とする請求項 1 記載の高圧放電ランプ。

【請求項 3】 前記一対の電極間の距離が、0.5 mm 以上 2.0 mm 以下であると共に、定常点灯時の管内水銀蒸気圧が 1.5 MPa 以上 3.5 MPa 以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の高圧放電ランプ。

【請求項 4】 前記発光管のハロゲン物質の封入量が、 $1 \times 10^{-9} \text{ mol/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{-5} \text{ mol/cm}^3$ 以下であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の高圧放電ランプ。

【請求項 5】 前記ハロゲン物質は、臭素であることを特徴とする請求項 4 記載の高圧放電ランプ。

【請求項 6】 一対の電極が、その先端部同士が発光管内で対向するように配設されてなる高圧放電ランプの製造方法であって、

一対の電極の少なくとも一方の電極軸の先端に、軸方向の単位長さ当たりの体積が、当該電極軸の軸部分よりも大きい電極部を形成する電極部形成工程と、前記一対の電極を、その先端部同士が所定間隔をおいた状態で対向するように発光管に封止する封止工程と、前記電極部の、相手方の電極先端部に対向する部分に突起部を形成する突起部形成工程と、を含むことを特徴とする高圧放電ランプの製造方法。

【請求項 7】 前記封止工程は、前記一対の電極の正規の電極間距離が D_e である場合において、当該一対の電極を、その先端部の距離が上記 D_e より Δd_e だけ大きい状態で発光管に封止することを特徴とする請求項 6 に記載の高圧放電ランプの製造方法。

【請求項 8】 前記突起部形成工程は、所定時間前記一対の電極に交流を通電して点灯させることにより前記電極部に突起部を形成するようにしたことを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の高圧放電ランプの製造方法。

【請求項 9】 前記 Δd_e の値は、前記点灯において前記電極部に形成される突起部により電極間距離の短くなる大きさにほぼ等しいことを特徴とする請求項 8 に記載の高圧放電ランプ。

【請求項 10】 前記点灯時に通電される交流の周波数は、50 Hz 以上 700 Hz 以下であることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の高圧放電ランプの製造方

法。

【請求項 11】 前記封止工程は、定常点灯時における発光管内の水銀蒸気圧が 1.5 MPa 以上 3.5 MPa 以下となるような量の水銀を封入する水銀封入工程を含むことを特徴とする請求項 6 から 10 のいずれかに記載の高圧放電ランプの製造方法。

【請求項 12】 前記封止工程は、発光管内のハロゲン物質が $1 \times 10^{-9} \text{ mol/cm}^3 \sim 1 \times 10^{-5} \text{ mol/cm}^3$ となるようにハロゲン物質を封入するハロゲン物質封入工程を含むことを特徴とする請求項 6 から 11 のいずれかに記載の高圧放電ランプの製造方法。

【請求項 13】 請求項 1 から 5 のいずれかに記載の高圧放電ランプの点灯方法であって、

突起部の形成により電極間距離が正規の値より減少した場合に、両電極間に流れる放電アーク電流を増大させて点灯すると共に、前記突起部が減少して電極間距離が正規の値より増加した場合に、放電アーク電流を減少させて点灯するようにしたことを特徴とする高圧放電ランプの点灯方法。

【請求項 14】 請求項 1 から 5 のいずれかに記載の高圧放電ランプの交流電源による点灯方法であって、突起部の形成により電極間距離が正規の値より減少した場合に、両電極間に通電する交流の周波数を第 1 の周波数に設定すると共に、前記突起部が減少して電極間距離が正規の値より増加した場合に、両電極間に通電する交流の周波数を第 2 の周波数に設定することを特徴とする高圧放電ランプの点灯方法。

【請求項 15】 前記第 1 の周波数は、50 Hz 未満または 750 Hz 以上の周波数であって、前記第 2 の周波数は、50 Hz 以上 700 Hz 以下の周波数であることを特徴とする請求項 14 記載の高圧放電ランプの点灯方法。

【請求項 16】 請求項 1 から 5 のいずれかに記載の高圧放電ランプを点灯するためのランプ点灯装置であって、高圧放電ランプに通電する電流を生成する電流生成手段と、

ランプ電圧を検出する電圧検出手段と、前記電圧検出手段による検出結果に基づき、前記電流生成手段を制御して放電アーク電流の大きさを変化させる制御手段とを備えることを特徴とするランプ点灯装置。

【請求項 17】 請求項 1 から 5 のいずれかに記載の高圧放電ランプを点灯するためのランプ点灯装置であって、高圧放電ランプに通電する交流電流を生成する電流生成手段と、

ランプ電圧を検出する電圧検出手段と、前記電圧検出手段による検出結果に基づき、前記電流生成手段を制御して、交流電流の周波数を変更させる制御手段とを備えることを特徴とするランプ点灯装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ショートアーク型の高圧放電ランプ、当該ランプの製造方法および当該ランプの点灯方法並びに点灯装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、液晶プロジェクタ等の投射型画像表示装置の開発・展開が活発に図られている。かかる投射型表示装置には点光源に近い高輝度の光源が必要であり、一般的にショートアーク型の超高圧水銀ランプやメタルハライドランプなどの高圧放電ランプが用いられている。

【0003】当初、投射型表示装置用の光源として採用されているショートアーク型の超高圧水銀ランプ及びメタルハライドランプでは、従来のロングアーク型の一般照明用高圧放電ランプと同一構成のタングステン電極が用いられてきた。図8は、当該ロングアーク型の高圧放電ランプにおける電極50の構成を示す図である。同図に示すように、この電極50は、タングステン電極軸51の先端部に線径の細いタングステン線からなるコイル52を取り付けて形成される。このコイル52は、放熱的作用を有し、電極の過熱防止を目的として付着されるものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、このような電極50を用いたショートアーク型ランプでは、電極間距離が短いため、特に電極先端部53がロングアーク型のランプよりさらに高温になり、コイル52の放熱だけでは、タングステン電極物質の溶融・蒸発と電極先端部の変形・損耗を避けることができず、発光管黒化によるランプの光束劣化も増大し、ランプの長寿命化が難しいことが判明した。

【0005】一方、投射型表示装置用のショートアーク型高圧放電ランプに関する最近の動向としてスクリーン面上の輝度向上が図られており、このために反射ミラー系と組み合わせたときの光利用効率を高めるために、電極間距離が従来の2.0～5.0mmの範囲から2.0mm以下へと短縮された、さらにショートアーク型のランプの開発が進められている。このような、よりショートアーク型のランプに新たな固有の問題として、図9に示すように、ランプの点灯時間の経過に連れて当初電極50と55の先端部の中心付近に形成されていた電極輝点（陰極動作時に電子電流が放射される箇所）が一カ所に安定することなく無秩序に移動するというアークジャンプ現象がより顕著に発生することが判明した。

【0006】このようなアークジャンプ現象が発生すると、放電アークが反射ミラー系と組み合わせられたランプユニットの光軸から外れるために、かかるランプユニットで照射されたスクリーン面上の輝度が大きく変動することになる。市場からは、かかるアークジャンプ現象に

よるスクリーン面上の輝度変動が確実に抑制された高品質のショートアーク型高圧放電ランプの開発が要請されている。

【0007】本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、寿命が比較的長く、かつ、アークジャンプの生じにくい高圧放電ランプを提供すると共に、そのような高圧放電ランプの製造方法、点灯方法および点灯装置を提供することを目的とする。

【0008】

10 【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明に係る高圧放電ランプは、一対の電極が、その先端部同士が発光管内で対向するように配設されてなる高圧放電ランプであって、前記一対の電極の少なくとも一方の電極軸の先端には、軸方向の単位長さ当たりの体積が当該電極軸の軸部分よりも大きい電極部が形成されると共に、当該電極部の、相手方の電極先端部に対向する部分に突起部が設けられていることを特徴とする。

20 【0009】このような電極部を形成することにより電極先端部の熱容量が従来よりも大きくなるので、熱による変形・消耗がしにくくなると共に、その突起部に放電アークを安定して集束させることができ、アークジャンプの発生を抑えることができる。ここで、上記電極部の他の電極と対向する面は、凸曲面に形成されると共に、前記突起部は、相手方の電極先端部に最も近接する位置に設けられていることが望ましい。

30 【0010】また、前記一対の電極間の距離が、0.5mm以上2.0mm以下であると共に、定常点灯時の管内水銀蒸気圧が1.5Mpa以上3.5Mpa以下とすることにより、点光源に近い高輝度の高圧放電ランプが得られる。さらに、本発明は、前記発光管のハロゲン物質の封入量が、 $1 \times 10^{-9} \text{mol/cm}^3$ 以上 $1 \times 10^{-5} \text{mol/cm}^3$ 以下であることを特徴とする。このハロゲン物質は、臭素であってもよい。

40 【0011】また、本発明に係る高圧放電ランプの製造方法は、一対の電極が、その先端部同士が発光管内で対向するように配設されてなる高圧放電ランプの製造方法であって、一対の電極の少なくとも一方の電極軸の先端に、軸方向の単位長さ当たりの体積が、当該電極軸の軸部分よりも大きい電極部を形成する電極部形成工程と、前記一対の電極を、その先端部同士が所定間隔をおいた状態で対向するように発光管に封止する封止工程と、前記電極部の、相手方の電極先端部に対向する部分に突起部を形成する突起部形成工程とを含むことを特徴とする。これにより上記高圧放電ランプに好適な製造方法が提供される。

50 【0012】ここで、前記封止工程において、前記一対の電極の正規の電極間距離がDeである場合において、当該一対の電極を、その先端部の距離が上記Deより ΔDe だけ大きい状態で発光管に封止することが望ましい。また、本発明は、前記突起部形成工程において、所

定時間前記一対の電極に交流を通電して点灯させることにより前記電極部に突起部を形成するようにしたことを特徴としている。ここで、前記 Δd_e の値が、前記点灯において前記電極部に形成される突起部により電極間距離の短くなる大きさにほぼ等しいようにしておけば、突起部を形成した後に、正規の電極間距離を得ることができ定格の出力を得ることが可能となる。

【0013】ここで、前記点灯時に通電される交流の周波数は、50Hz以上700Hz以下であることを特徴とする。この周波数域内の点灯により効果的に突起部を形成できる。また、本発明は、前記封止工程が、定常点灯時における発光管内の水銀蒸気圧が15MPa以上35MPa以下となるような量の水銀を封入する水銀封入工程を含むことを特徴とする。

【0014】さらに、本発明は、前記封止工程が、発光管内のハロゲン物質が $1 \times 10^{-9} \text{mol/cm}^3 \sim 1 \times 10^{-5} \text{mol/cm}^3$ となるようにハロゲン物質を封入するハロゲン物質封入工程を含むことを特徴とする。また、本発明は、上記高圧放電ランプの点灯方法であって、突起部の形成により電極間距離が正規の値より減少した場合に、両電極間に流れる放電アーク電流を増大させて点灯すると共に、前記突起部が減少して電極間距離が正規の値より増加した場合に、放電アーク電流を減少させて点灯するようにしたことを特徴とする。

【0015】また、本発明は、上記高圧放電ランプの交流電源による点灯方法であって、突起部の形成により電極間距離が正規の値より減少した場合に、両電極間に通電する交流の周波数を第1の周波数に設定すると共に、前記突起部が減少して電極間距離が正規の値より増加した場合に、両電極間に通電する交流の周波数を第2の周波数に設定することを特徴とする。

【0016】ここで、前記第1の周波数は、50Hz未満または750Hz以上の周波数であって、前記第2の周波数は、50Hz以上700Hz以下の周波数であることが望ましい。また、本発明は、上記高圧放電ランプを点灯するためのランプ点灯装置であって、高圧放電ランプに通電する電流を生成する電流生成手段と、ランプ電圧を検出する電圧検出手段と、前記電圧検出手段による検出結果に基づき、前記電流生成手段を制御して放電アーク電流の大きさを変化させる制御手段とを備えることを特徴とする。

【0017】また、本発明は、上記高圧放電ランプを点灯するためのランプ点灯装置であって、高圧放電ランプに通電する交流電流を生成する電流生成手段と、ランプ電圧を検出する電圧検出手段と、前記電圧検出手段による検出結果に基づき、前記電流生成手段を制御して、交流電流の周波数を変更させる制御手段とを備えることを特徴とする。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面

に基づき説明する。図1は、本発明の実施の形態に係る超高压水銀ランプ100の発光管構造を示す図であり、便宜上、電極が露出する部分での断面図で示している。同図に示すように超高压水銀ランプ100は、石英で形成されたほぼ回転楕円体形状の発光管1に、一対のタングステン電極2及び3が発光管両端部においてそれぞれモリブデン箔4、5を接続された状態で気密封着される。モリブデン箔4、5は、その外側にそれぞれ外部モリブデンリード線6及び7が接続されて発光管1外部に導出される。

【0019】ここで、タングステン電極2及び3の先端部同士の間隔、すなわち電極間距離 D_e は、従来は2.0～5.0mmの範囲に設定されていたが、本実施の形態ではランプの光利用効率をより高めるために D_e の値は、0.5～2.0mmの範囲に設定される。なお、本明細書において、 $n_1 \sim n_2$ と表記する場合は、下限 n_1 および上限 n_2 の数値を含む範囲を示すものとする。

【0020】発光管1内部の発光空間8内には、発光物質である水銀9及び始動補助用としてのアルゴン、クリプトン、キセノンなど希ガスと、併せて沃素、臭素などのハロゲン物質が封入されている。この場合、前記水銀9の封入量は、発光管内容積あたり150～350mg/cm³（ランプ定常点灯時の水銀封入圧力にして約15MPa～35MPaに相当）の範囲に、前記希ガスのランプ冷却時の封入圧力は、0.01MPa～1MPaの範囲にそれぞれ設定されている。

【0021】なお、前記ハロゲン物質としては、従来から $1 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-4} \text{mol/cm}^3$ の範囲の臭素が用いられており、これはいわゆるハロゲンサイクル作用により電極から蒸発して石英発光管内面に付着したタングステンを元の電極に戻して発光管黒化を抑制するという機能を果たすために封入されるものである。さらに、前記発光管1の管壁負荷 W_e （ランプ入力を前記発光管1の容囲器全内表面積で除した値）は、石英発光管で得られる最高に近いランプ効率を実現するために、0.8W/mm²以上の比較的高い範囲に設定されている。つまり、高圧放電ランプのランプ効率は基本的に管壁負荷 W_e とともに上昇するので、ランプ効率を高めるために W_e 値は定常点灯で石英発光管に許容できる限界温度（約1350K）に相当する範囲まで高められている。

【0022】図2は、上記高圧放電ランプ100を組み込んだランプユニット200の構成を示す一部切欠き斜視図である。同図に示すように、ランプユニット200は、発光管1の片方の管端部に口金10が装着され、スペーサ11を介して反射ミラー12に、その放電アークの位置が反射ミラー12の光軸と一致するように調整された状態で取り付けられて構成される。超高压水銀ランプ100の両電極には、反射ミラー12に穿設された貫通孔15を通過して外側に引き出されたリード線14お

よび端子 13 を介してそれぞれ電流が供給されるようになっている。

【0023】図 3 は、電極 2 の先端部の形状を示す図である。タングステンの電極軸 21 の先端には、当該電極軸 21 より大径であって先端に向けてほぼ半球状をした電極部 22 を有し、その頂点部に突起部 24 を形成される。これにより、ランプの長寿命化とアークジャンプの発生防止の効果をを得ることができるようになった。なお、電極 3 も全く同じ形状なので、以下において電極の形状などを説明する際には、特別の場合を除き、図 3 に

より電極 2 に付された番号のみを用いて示すことにする。

【0024】次に、図 3 に示すような電極形状を発明するにいたった経過およびこのような形状によって得られる効果を実験結果と共に詳しく説明する。まず、本発明者は、電極先端部の形状を除き、図 1 の高圧放電ランプ 100 と同じ基本的構造をもつ複数の試験ランプを用いて、点灯時間の経過に伴って生じるアークジャンプ現象の発生を効果的に阻止するための一連の検討を行った。

【0025】ここで、用いた試験ランプの具体的な発光管設計として、ランプ入力 W_{1a} は 150 W に設定し、前記発光管 1 の管寸法は管中央部の最大管外径 D_o 9.4 mm (最大管内径 D_i 4.4 mm)、電極間距離 D_e 1.1 mm、管全内容積 0.06 cm^3 、管全長 L_o 57 mm、容器器全内表面積 S_i 160 mm^2 に設定した。この管寸法では、前記発光管 1 の管壁負荷 W_e は 0.9 W/mm^2 となる。

【0026】また、管内には水銀 13.8 mg (単位管内容積あたり 230 mg/cm^3 、点灯時の水銀蒸気圧約 23 MPa に相当) とアルゴン 20 kPa を封入した。また、前記ハロゲンとして、 10^{-6} mol/cm^3 の臭素を CH_2Br_2 の組成で封入した。なお、ここで

臭素の封入組成は、 HBr または HgBr_2 でも構わない。

【0027】前記試験ランプの点灯試験は、図 2 に示した前記ランプユニット 200 に組み立て、点灯装置として矩形波点灯のフルブリッジ方式電子安定器を用い、発光管 1 を水平位置に保って 3.5 時間点灯 / 0.5 時間消灯サイクルで行なった。この場合、前述のように、アークジャンプ現象の発生が、使用する電子安定器に左右されることの要因を探索するために、前記矩形波点灯の周波数を 50 ~ 1000 Hz の範囲で変化させてみた。アークジャンプ現象の観測は、特定の点灯時間経過後の前記試験ランプ (各試験ごとのランプ数 5 本) を 2 時間点灯し、その間の現象発生の有無を調べることで行なった。

【0028】(実験 1) まず、本発明者は、最初の予備検討で、前記電極として図 8 に示したような従来のロングアーク型ランプ用の電極 50 を用いた試験ランプを準備して、点灯時間の経過に伴うアークジャンプ現象の発生状態を調べた。この場合、線径 0.4 mm のタングステン製の電極軸 51 の先端部に、線径 0.2 mm のタングステン線の 2 層巻のコイル 52 (コイル巻数 8 ターン) を挿入・固定したものをを用いた。前記電極軸 51 及び前記コイル 52 の材料としては、副成分組成 Al、Ca、Cr、Cu、Fe、Mg、Mn、Ni、Si、Sn、Na、K、Mo、U 及び Th の元素の総含有量を 10 ppm 以下に抑えた高純度タングステンを用いている。このような高純度タングステン材料の採用は、ランプ寿命中の発光管黒化を抑制して光束維持率の改善に効果があることが知られている。この予備実験により、

次の表 1 に示すような結果が得られた。

【0029】

【表 1】

ロングアーク形ランプ用電極でのアークジャンプ現象の発生状態

点灯時間 (hrs)	矩形波点灯周波数(Hz)						
	50	150	300	500	700	750	1000
1	OOOOO	OOOOO	OOOOO	OOOOO	OOOOO	OOOOO	OOOOO
50	OOOOO	OOOOO	OOOOO	OOOOO	OOOOO	OOOXO	OOOOX
100	OOOOO	OOOOO	OOOOO	OOOOO	OOOOO	OOXXO	OOXXX
200	OOOXO	OXOOX	OOXXO	XOOOX	XOOOO	OXXXO	OXXXX
300	OXXXO	OXOXX	OOXXX	XOXXX	XOXOO	XXXXX	XXXXX
500	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX
1000	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-
3000	-	-	-	-	-	-	-

(○: アークジャンプ現象未発生ランプ)
(×: アークジャンプ現象発生ランプ)
(-: 点灯中止)

【0030】本実験により次のような事実が判明した。

(1) 従来ロングアーク型ランプ用電極 50 を用いた全

ての試験ランプにおいて、点灯時間 500 時間以内においてアークジャンプ現象が発生した。実験後の試験ランプの電極を調べると、その先端部の変形・損耗が進んでいることが観測された。

(2) アークジャンプ現象の発生状態と矩形波点灯周波数の相関関係を観てみると、表 1 に示すように、アークジャンプ現象が発生する点灯時間が、点灯周波数 700 Hz 以下の範囲では長くなり、700 Hz より高い範囲では短くなる傾向が認められた。

【0031】以上から、従来ロングアーク型ランプ用電極 50 を用いる限り、本発明が目的とするよりショートアーク型でアークジャンプ現象が確実に抑制された高圧放電ランプは得られないことが分かった。また、アークジャンプ現象の発生と矩形波点灯周波数との間に何らかの相関関係があることも判明した。

(実験 2) 本発明者は、第 2 の検討としてランプの電極先端部の変形・損耗を抑えることでアークジャンプ現象が抑制されることを期待して、電極先端部に大径部を有する電極を使用して実験を行った。

【0032】図 4 (b) は、当該電極の先端部の形状を示す一部欠き断面図である。電極軸 21 の先端にほぼ半球状の電極部 22 が形成されている。このような形状は、まず、図 4 (a) に示すように、タングステンの電極軸 21 の先端部にタングステン線コイル 23 を取付けて、この電極軸 21 の先端部及びコイル 23 の一部を溶融・加工することにより得られる。本実験例では、具体的に、線径 0.4 mm のタングステン電極軸 21 に線径 0.2 mm のタングステン線の 2 層巻コイル 23 (コイル巻数 8 ターン) を挿入・固定し、タングステン電極軸 21 と前記コイル 23 の先端部を、アルゴンプラズマ溶接装置を用いた放電加工方法により溶融・加工した。

【0033】図 5 は、当該アルゴンプラズマ溶接装置の

構成を示す図である。同図に示すようにプラズマトーチ 40 は、ノズル 41 内に陰極棒 42 を遊挿して構成され、電極軸 21 と陰極棒 42 の高電圧を印加してアーク放電をさせつつ、ノズル 41 を介して、アルゴンを含む作動ガスを供給することにより高温のプラズマを発生させて、溶融加工するものである。この放電加工では、

(i) 前記電極部 22 の形状を半球状の凸曲面をなすように加工し、かつ (ii) 溶融・加工された前記電極部 22 の内部に空孔などの欠陥が残存しないように、製造プロセス条件として複数発の間欠的な放電アーク加工 (アーク電流 32 A × 時間 30 msec で 5 ~ 8 発) と特定の冷却時間 (1.5 ~ 3.0 sec) を組み合わせることにより、前記電極部 22 の加工温度を適切に制御して行った。

【0034】このような当該電極軸 21 の先端に大径部の電極部 22 を設けることにより、先端部での熱容量が増大するためアーク放電により溶融変形しにくくなりと共に、溶融加工により、電極部 22 がほぼ一体としてコイル 23 に繋がるので、熱が速やかにコイル 23 に伝導されて電極部 22 における温度が上がりにくくなり、電極物質の溶融・蒸発による電極先端部の変形・損耗が抑制されて、ランプの長寿命化が得られるものである。

【0035】上記図 4 (b) に示すような改良電極を形成して、試験ランプを作製し、上記実験 1 と同様にし、点灯時間とアークジャンプ現象の発生の有無の関係を調べたところ次の (表 2) に示すような実験結果が得られた。なお、この実験で用いた試験ランプの電極構成を除く具体的ランプ及び発光管設計は、上記の実験 1 で用いたものと同一である。

【0036】

【表 2】

ショートアーク形ランプ用の改良電極でのアークジャンプ現象の発生状態

点灯時間 (hrs)	矩形波点灯周波数(Hz)						
	50	150	300	500	700	750	1000
1	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo
50	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo
100	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	oooox	oooox
200	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooxox	oxoox
300	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	oxxox	oxxxx
500	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	xxxxx	xxxxx
1000	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	-	-
2000	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	ooooo	-	-
3000	ooooo	oooxo	ooooo	ooooo	ooxoo	-	-

(○: アークジャンプ現象未発生ランプ)
 (×: アークジャンプ現象発生ランプ)
 (-: 点灯中止)

【0037】この表2に示すように、溶融・加工された前記電極部を備えた電極を用いた試験ランプにおいては、アークジャンプ現象の発生と電子安定器の矩形波点灯周波数の相関関係がより明確になることが分かった。すなわち、点灯周波数が700Hzより高い範囲で点灯された全ての試験ランプにおいて、アークジャンプ現象が点灯時間500時間以内で発生した。これは、実験1におけるロングアーク型ランプ用電極を用いたランプの結果とほぼ同様である。他方、点灯周波数が50～700Hzの範囲で点灯された前記試験ランプでは、アーク

ジャンプ現象が発生するまでの点灯時間が著しく長くなり、実際に試験された前記試験ランプ25個のうち23個においてアークジャンプ現象が点灯時間3000時間まで未発生であり、実験1の場合に比べてランプ寿命が飛躍的に伸びているのが分かる。

【0038】このように700Hzの点灯周波数を境にして実験結果に大きな隔たりが生じたのは、単に電極軸21の先端を大径部にしたことのみ起因するものではないと考えられる。そこで、本発明者は、アーク放電における電極先端部の変形の様子を詳細に観察したところ、点灯周波数700Hzより高い範囲で点灯されて、点灯時間500時間以内にアークジャンプ現象が発生した試験ランプの電極の先端部は、変形・損耗が比較的に進んで、当初の半球状を維持していないことが判明した。これに対して、点灯周波数50～700Hzの範囲で点灯され、3000時間までアークジャンプ現象が未発生の前記試験ランプでは、半球状の電極先端部の変形・損耗は軽微であると共に、その電極軸のほぼ延長線上（半球状の中心部付近）に突起部が形成されているのが観察された。

【0039】図6は、このときの電極2、3の形状を示す図である。それぞれの電極部22、32の半球部の中心付近（相手方電極と最も近い箇所）に突起部24、34が形成されており、放電アークは、両突起部24、34間で安定して形成され、アークジャンプ現象が発生しにくい状態になっている。これにより電極軸の先端部に大径部で相手方電極方向に向けて凸曲面をなす電極部を形成し、その先端の中心付近に突起部を形成することこそが、ショートアーク型でアークジャンプ現象を確実に抑制できる効果的な構成であることが明らかとなった。

【0040】さらに、上記突起部が前記試験ランプの点灯試験により形成される過程を詳しく調べてみると、当該突起部は点灯時間が10時間以内（平均2～3時間）の初期の段階で形成されることが確認された。このような突起部が形成される現象は、封入臭素によるハロゲンサイクル作用により、前記電極から蒸発したタングステンが特に最高温の前記電極部先端部の中心付近に戻されて集積されることによって生じるものと考察される。

【0041】一般に、ハロゲンサイクルの程度は、電極部の温度と管壁温度およびハロゲン物質の量により大きく影響される。そして、大径の電極部22の形成により熱容量が大きくなってその昇温がロングアーク型の電極の場合よりも抑えられ、先端部のアーク放電の生じる高温部位のみに集中してタングステンが集積しやすくなったために、突起部が形成されるようになったと考えられる。

【0042】形成された突起部に関するもうひとつの特徴は、初期点灯による前記突起部24の形状がその後の点灯時間3000時間において変化せずに保たれることである。これは、突起部の形状がある特定の大きさ（本

実験例では、突起部の平均高さ約0.05mm)になると、突起部24におけるタングステン物質の上記ハロゲンサイクル作用による集積と温度による蒸発が均衡するからといえる。さらにこれが、点灯時間3000時間を通じて放電アークを前記電極先端部の中心付近に安定して集束させて、アークジャンプ現象の発生を抑制しているものといえる。

【0043】他方、矩形波点灯周波数700Hzより高くなると断続的にアークジャンプ現象が顕著に発生するのは、本発明が目的とする電極管距離Deが0.5~2.0mmというより短い範囲にあり、かつ発光管内の水銀蒸気圧が15MPa~35MPaという高い範囲にある高圧放電ランプにおいては、発光管内の音響共鳴が700Hzより高く1000Hzまでの低い点灯周波数領域でも発生し易く、これが基本的に放電アークの不安定性に繋がって電極先端部の変形・損耗を加速させて、最終的にアークジャンプ現象の発生の引き金になっているからであると考えられる。

【0044】以上の考察から、ショートアーク型の高圧放電ランプに関して、点灯時間の経過に伴うアークジャンプ現象の発生を実際上ほぼ確実に抑制するには、基本的に凸曲面の形状をなすように加工された電極先端部の中心付近に放電アークを安定させるための突起部を設ければよいことが明らかとなった。

(実験3) 本発明者は、前記電極部22の中心付近に突起部24が形成される現象とハロゲンサイクル作用を行う臭素の封入量の関係を明らかにするために、前記発光管1の臭素封入量を $1 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-4} \text{ mol/cm}^3$ の範囲で変えた試験ランプを準備して、点灯周波数150Hzの矩形波点灯によるエイジングで前記突起部24が形成される現象を調べてみた。

【0045】この場合、臭素封入量以外のランプ及び発光管設計は、上記実験2のときと同一である。この実験により、前記発光管1の臭素封入量が $1 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-5} \text{ mol/cm}^3$ の範囲であれば、放電アークが集束されるような形状からなる前記突起部24が、初期点灯10時間以内に、前記電極部22の中心付近に形成されることが分かった。そして、かかるランプではアークジャンプ現象が点灯時間3000時間まで実際上ほぼ確実に抑制されることを確認した。

【0046】この場合、臭素封入量が前記範囲より少なくなるとハロゲンサイクル作用が弱すぎて放電アークが集束されるような突起部24は、前記電極部22に形成されず、従ってアークジャンプ現象を抑えることはできなかった。他方、前記範囲より多くなると突起部24そのものは形成されるが、逆にハロゲンサイクル作用が過剰となり突起部24が針状の比較的大きいものとなって、前記電極部21が変形してもはや半球状の凸曲面をなさない形状となり、電極先端部の損耗が著しく増大した。

【0047】上記のように、臭素封入量を前記範囲に規定することにより、本発明の特徴とするアークジャンプ現象の抑制に大きい効果をもつ前記突起部24を初期点灯段階で比較的容易に形成できる。

(実験4) 本発明者は、第4の検討として、アークジャンプ現象抑制に対する前記突起部24の効果をさらに傍証するために、半球状の凸曲面の形状をなすように加工された電極先端部の中心付近に前もって突起部を設けた電極を準備して、これを用いたランプを点灯周波数150Hzの矩形波点灯によりエイジングしたときのアークジャンプ現象の発生状態を調べた。

【0048】この場合、前記電極2及び3としては、

(i) 先ず上記第2の検討に用いた先端部が凸曲面の形状をなすように溶融・加工された電極と同じものを準備し、(ii) 次いでその凸曲面の形状をなす前記電極部22の中心付近に、タングステン線の小片($\phi 0.15 \text{ mm} \times 0.7 \text{ mm}$)を前記アークプラズマ溶接装置により溶融・溶着して前記突起部24と同様のものを形成する、というプロセスで作製した。

【0049】また、前記発光管1の臭素封入量は、上記結果で初期点灯により前記突起部24が形成されない範囲にある $0.4 \times 10^{-9} \text{ mol/cm}^3$ の値に設定した。なお、電極及び臭素封入量以外のランプ及び発光管設計は、上記第2の検討のときと同一である。この検討結果からも、定常点灯時の放電アークは前記電極部22先端の中心付近に安定して集束されて、点灯時間3000時間までアークジャンプ現象が実際上ほぼ確実に抑制されることを確かめた。

【0050】以上のように、本発明による半球状の凸曲面の形状をなすように加工された電極先端部の中心付近に突起部を形成することにより、放電アークが前記電極先端部の中心付近に安定して集束され、これによりランプ寿命中のアークジャンプ現象の発生が確実に抑制されることが明らかとなった。さらに、前記突起部は、発光管の臭素封入量を特定範囲に規定し、次いでランプを短時間点灯するという簡易な方法により形成されることが分かった。

【0051】(実験5) 最後に、本発明者は、上記初期点灯により突起部24を形成する方法を、実際のランプに応用したときに起こる問題について検討した。すなわち、ハロゲンサイクルを利用して突起部を形成させようと、電極間距離Deが減少した場合、ランプ電圧が比較的大きく低下してしまい、このランプ電圧が安定器の設計で決められた所定のランプ電圧値を下回った場合は、ランプ入力電力が低下するために、ランプの光出力、すなわちスクリーン面上の輝度が低下することが分かった。

【0052】次の(表3)は、電極先端部における突起部の形成により生ずるランプ電圧の変動量 ΔV_{1a} の値を示す実験結果である。

【0053】

【表3】

電極先端部の突起部の形成によるランプ電圧変動(低下) ΔV_{1a}

矩形波点灯 周波数(Hz)	ランプNo	初期ランプ 電圧(V)	点灯時間10hrs ランプ電圧(V)	ランプ電圧 変動 ΔV_{1a} (V)	電極状態
150	1	62.8	57.1	-5.7	突起部形成
	2	60.9	53.5	-7.4	突起部形成
	3	62.2	56.9	-5.3	突起部形成
	4	59.3	53.2	-6.1	突起部形成
	5	64.9	57.8	-7.1	突起部形成
	平均	62.0	55.7	-6.3	
400	6	61.5	54.2	-7.3	突起部形成
	7	63.0	57.0	-6.0	突起部形成
	8	59.2	54.0	-5.2	突起部形成
	9	62.0	54.3	-7.7	突起部形成
	10	60.5	56.2	-4.3	突起部形成
	平均	61.2	55.1	-6.1	
800	11	61.3	66.5	+5.2	突起部なし
	12	60.5	67.0	+6.5	突起部なし
	13	59.4	65.1	+5.7	突起部なし
	14	63.6	69.3	+5.7	突起部なし
	15	62.5	68.0	+5.5	突起部なし
	平均	61.5	67.2	+5.7	

【0054】同表は、上記表2の試験ランプの初期点灯10時間後のランプ電圧変動 ΔV_{1a} を測定した結果を示す。ここで、試験ランプのランプ電圧は、周波数50～700Hzの矩形波点灯で前記電極部22先端の中心付近に前記突起部24が形成されたランプでは、平均して $\Delta V_{1a} - 6.2V$ と低下し、他方700Hzより高い周波数で点灯されて前記突起部24が形成されないランプでは逆に $\Delta V_{1a} 5.7V$ と上昇している。このように小さな突起部24の形成により比較的大きなランプ電圧の低下が生じるのは、電極間距離 D_e が、2.0mm以下のショートアーク型のランプにおいては、突起部の高さに小さな変動 Δd_e が生じて、電極間距離 D_e に対する変動割合 $\Delta d_e / D_e$ の値が、比較的大きくなってしまいうことに起因するものである。

【0055】突起部24の形成により、せっかくショートアーク型ランプに固有の問題であるアークジャンプ現象の発生を抑制できても、付随的に発生するランプ電圧低下の問題を解決しない限り、本発明にかかる高圧放電ランプの実用化は難しい。そこで、上述のランプ電圧低下の問題を解決するため、予め、電極間距離を突起部の

成長分(図6における $d_1 + d_2$)だけ大きく設定しておくようにした。

【0056】(表3)より、試験ランプの放電アークの平均電位傾度 $E_{1a} = (\text{平均初期ランプ電圧 } V_{1a}) / (\text{電極間距離 } D_e) = 61.6 / 1.1 = 56V/mm$ となるので、突起部の形成による平均ランプ電圧変動(低下) $\Delta V_{1a} = -6.2V$ は、電極間距離 D_e の変動 Δd_e として約0.1mmに相当する。そこで、初期点灯による平均ランプ電圧変動(低下) $\Delta V_{1a} - 6.2V$ 、すなわち電極間距離変動 Δd_e の約0.1mmに留意して、ランプ製造にあたり事前に電極間距離 D_{e0} を1.2mmに設定した試験ランプを製作して、突起部の形成と10時間エイジング点灯によるランプ電圧変動 ΔV_{1a} を調べた結果が次の(表4)である。

【0057】なお、以下の試験ランプの発光管設計は変更記述がない限り上記実験2の場合と同一であり、点灯周波数は、150Hzである。

【0058】

【表4】

17
電極間距離Deの事前補正したランプのランプ電圧変動(低下) ΔV_{1a}

ランプNo	初期ランプ電圧(V)	点灯時間10hrs ランプ電圧(V)	ランプ電圧 変動 ΔV_{1a} (V)	電極状態
1	66.4	60.0	-6.4	突起部形成
2	67.0	61.5	-5.5	突起部形成
3	68.3	62.4	-5.9	突起部形成
4	69.4	61.7	-7.7	突起部形成
5	65.9	60.3	-5.6	突起部形成
平均	67.4	61.2	-6.2	

(矩形波点灯周波数150Hz)

【0059】表4に示すように、10時間の初期点灯により突起部が形成されるのが観測され、このときの平均ランプ電圧変動 ΔV_{1a} は-6.2Vとなり、エイジング点灯後の平均ランプ電圧 V_{1a} はランプ本来の定格値61Vに近い値が得られた。なお、前述のように、ここで形成された前記突起部24の形状は、その後の点灯時間3000時間を通じてあまり変化することなく保たれて、従ってランプ電圧 V_{1a} 値は比較的安定し、またアークジャンプ現象の発生も實際上ほぼ確実に抑制されている。

【0060】このように、ランプの電極間距離Deを初期点灯によって形成される突起部による変動分 Δd_e だけ前もって補正することにより、所期の光出力を得ることができる。

(実験6) 次いで本発明者は、点灯条件を変化させるこ

ランプ入力低下の補正のための放電アーク電流増大による
ランプ電圧変動 ΔV_{1a} の低減

ランプNo	初期ランプ電圧(V)	点灯時間10hrs ランプ電圧(V)	ランプ電圧 変動 ΔV_{1a} (V)	放電アーク電流増大 点灯時間10hrs ランプ電圧(V)	放電アーク電流増大 での点灯後 ランプ電圧変動 ΔV_{1a} (V)
1	59.3	54.7	-4.6	57.1	-2.2
2	63.2	55.9	-7.3	56.5	-6.7
3	60.1	53.9	-6.2	57.8	-2.3
4	61.5	55.7	-5.8	58.1	-3.4
5	62.0	55.1	-6.9	57.3	-4.7
平均	61.2	55.1	-6.1	57.4	-3.8

(矩形波点灯周波数150Hz)

【0063】(表5)に示すように、初期ランプ電圧が平均61.2Vであったが、その後10時間点灯することにより、平均61.2V低下した。ところが、放電アーク電流を増大させると、ランプ電圧が上昇し、前記試験ランプの初期ランプ電圧より平均で3.8Vの低下までに回復された。これに対応して突起部の形状も縮小していることが確認された。

とにより電極間距離Deを調整する方法を検討し、次の2つの方法を考案した。第1の方法は、放電アーク電流を強制的に増減させる方法であり、第2の方法は、点灯周波数を変化させる方法である。以下、詳説する。

【0061】(1) 放電アーク電流の増減

放電アーク電流を所定値以上に増大させると電極部の中心付近の温度が上昇し、そこでの温度によるタングステン物質の蒸発がハロゲンサイクル作用による集積に対して増大するために前記突起部が縮小すると考えられる。そこで、前記放電アーク電流を平均値で2.45Aから2.72Aに増大してランプ電圧を測定する実験を行ったところ次の(表5)に示すような実験結果を得ることができた。

【0062】

【表5】

【0064】以上によって、ランプ電圧が正規の値より低下した場合には、アーク放電電流を増加させることにより突起部の長さが縮小しランプ電圧が回復できることが実証された。逆に、ランプ電圧が正規の値より大きくなった場合には、突起部の長さが短くなり過ぎていると考えることができ、アーク放電電流を所定量下げることにより突起部の長さを回復させて、常にランプ電圧を最

適化した状態での点灯が可能となる。

【0065】この点灯方法による確認実験を試みた結果、試験ランプは、点灯時間3000時間を通じてランプ電圧は比較的安定し、またアークジャンプ現象の発生も抑制されることが確認された。これにより、本点灯方法によればスクリーン面上の輝度変動及び低下がなく長寿命かつ高品質の光出力を得ることができると実証された。

【0066】図7は、上記点灯方法を実行するためのランプ点灯装置（安定器）300の構成を示すブロック図である。同図に示すように本ランプ点灯装置300は、DC電源301、DC/DCコンバータ302、DC/ACインバータ303、高圧発生器304、制御部305、電流検出器306および電圧検出器307から構成される。

【0067】DC電源301は、家庭用の交流100Vにより直流電圧を生成し、DC/DCコンバータ302は、制御部305より制御されて所定の大きさの直流電流をDC/ACインバータ303に供給する。DC/ACインバータ303は、制御部305の指示を受けて所定の周波数の交流矩形電流を生成して高圧発生器304に送る。高圧発生器304で発生された高電圧は、超高圧水銀ランプ100に印加される。

【0068】一方、超高圧水銀ランプ100のアーク放電電流を検出する電流検出器306と、超高圧水銀ランプ100のランプ電圧を検出する電圧検出器307のそれぞれの検出信号が、制御部305に入力されており、制御部305はこれらの入力信号に基づき、DC/DC

コンバータ302を制御して所定値の電流を生成させる。

【0069】具体的には、制御部305の内部メモリ内に基準電圧値および制御プログラムが格納されており、検出されたランプ電圧と当該基準電圧値を比較して、前者が後者より低い場合には、高めの放電アーク電流A1を流すようにDC/DCコンバータ302をフィードバック制御し、反対に前者が後者より高い場合には、A1より高い放電アーク電流A2を流すようにDC/DCコンバータ302をフィードバック制御する。基準電圧値としては規格のランプ電圧が設定され、A1、A2の具体的な値は、ランプの種類ごとに実験などにより求められるものである。

【0070】なお、検出されたランプ電圧から、ランプ電圧変動量 $\Delta V1a$ を求めて、当該変動量が所定値以上になったときに始めて上記の放電アーク電流の変更を実行するようにすれば、電流切換え制御の頻度を抑えることができる。

(2) 点灯周波数の変更

また、実験2で説明したように矩形波点灯の周波数を700Hzより高くしたときに突起部が形成されなかったことに着目し、矩形波周波数150Hzの初期点灯により突起部24が形成された試験ランプを試みに周波数800Hzで10時間点灯し、そのときの突起部24の形状変化とランプ電圧変動 $\Delta V1a$ の変化を調べる実験を行ったところ、次の（表6）に示すような結果を得た。

【0071】

【表6】

（表6）矩形波点灯周波数の切換えによるランプ電圧変動 $\Delta V1a$ の低減

ランプNo	初期ランプ電圧(V)	点灯周波数150Hz 点灯時間10hrs ランプ電圧(V)	ランプ電圧 変動 $\Delta V1a$ (V)	点灯周波数800Hz 点灯時間10hrs ランプ電圧(V)	点灯周波数800Hz での点灯後 ランプ電圧変動 $\Delta V1a$ (V)
1	63.2	56.7	-6.5	62.8	-0.4
2	59.3	54.3	-5.0	60.1	+0.8
3	60.6	55.1	-5.5	60.2	-0.4
4	61.1	54.9	-6.2	59.8	-1.3
5	62.3	55.3	-7.0	61.0	-1.3
平均	61.3	55.3	-6.0	60.8	-0.5

【0072】同表に示すように突起部が形成された試験ランプを点灯周波数150Hzで10時間点灯するとランプ電圧が初期ランプの状態よりも平均6.0V低下したが、同じ試験ランプを点灯周波数を800Hzにして10時間点灯すると、上記（1）の実験において突起部の形状が縮小したのとは異なり、突起部がほとんど消散している状態が観測された。そして、それに対応してランプ電圧変動 $\Delta V1a$ は小さくなり、ランプ電圧 $V1a$ が初期点灯前の元の値にほぼ近いレベルになることが分かった。

【0073】このような突起部の消散は、点灯周波数を

150Hzから800Hzに高めることにより、前記電極部22の先端部の温度が上昇してタングステン物質の蒸発が増大することに起因するといえる。さらに、前記突起部24が消失した前記試験ランプを再度150Hzで10時間のエイジング点灯を行うと、再度前記突起部が形成されて、ランプ電圧 $V1a$ も再度低下することを確認した。

【0074】上記のように、点灯周波数により前記突起部24の形成と消散が繰り返されるという現象に着目して、ランプ点灯装置として（i）エイジング点灯中のランプ電圧の初期値に対する増減 $\Delta V1a$ を検出して、

(ii) ΔV_{1a} 値が $-2V$ になる度毎に矩形波周波数を $150Hz$ から $800Hz$ へ切り換え、他方 ΔV_{1a} が $0V$ になる度毎に逆に $800Hz$ から $150Hz$ へ切り換える、というフィードバック制御回路を装備したものをを用いて、エイジング点灯したときの試験ランプの前記電極部の形状変化とアークジャンプ現象の発生状態を観測した。

【0075】この結果、前記試験ランプに関して、点灯時間 3000 時間を通じて前記電極先端部の変形・損耗は比較的軽微であり、一方アークジャンプ現象もほとんど発生しないことが分かった。なお、この場合のランプ入力変動、すなわちスクリーン面上の輝度変動は、ランプ電圧変動 $\Delta V_{1a} - 2V$ に相当して約 $1/3$ に低減されたものとなり、実用上問題とならないことも判明した。

【0076】このように、エイジング点灯によるランプ電圧変動 ΔV_{1a} を点灯安定器の矩形波周波数を変えることにより比較的低い値に抑えて制御することも、問題解決のひとつの具体的方式といえる。なお、切り換える点灯周波数の組は、 $150Hz$ と $800Hz$ の場合に限らない。突起部 24 を成長させる場合には $700Hz$ 以下の他の適当な周波数を選択してもよい。但し、 $50Hz$ 未満になると、極性が反転するまでの時間（半周期）がそれだけ長くなり、その間、陽極となった電極の先端部が過熱し、却って突起部が溶融してしまうおそれがあるので、 $50Hz$ 以上での点灯が望ましい。反対に、突起部を減少させたい場合には、 $50Hz$ 未満が $750Hz$ 以上の他の適当な周波数が選択される。

【0077】このような点灯方法を実施するランプ点灯装置は、図 7 で示したランプ点灯装置 300 と同じ構成となる。但し、制御部 305 における制御内容が異なる。すなわち、電圧検出器 307 により検出されたランプ電圧に基づき、制御部 305 は、ランプ電圧変動 ΔV_{1a} を求め、それが所定量より大きくなった場合に、その変動量の正負に応じて、上記したように突起部が正常な大きさとなるような周波数を選択して、DC/AC インバータ 303 に当該点灯周波数の矩形波を生成するように指示するように構成されるものである。

【0078】上記実験 5、6 における検討結果から、本発明によりアークジャンプ現象の発生を抑制するために前記電極部 22 に前記突起部 24 を形成するときに、付随的に発生するランプ電圧変動（低下）によるランプ入力電力低下という問題は、（a）電極間距離 D_e の事前補正、（b）放電アーク電流による電極間距離 D_e の補正制御、（c）矩形波の点灯周波数による電極間距離 D_e の補正制御、という 3 つの有効な手段により解決されることが明らかとなった。

【0079】以上説明してきたように、本発明により半球状の凸局面の形状をなすように加工された電極先端部の中心付近に突起部を形成することにより、放電アーク

を前記電極先端部の中心付近に安定して集束せしめて、エイジングにつれてのアークジャンプ現象の発生を確実に抑制でき、さらに付随的に発生するランプ入力電力低下という問題も上記（a）～（c）の 3 つの有効な手段により解決できて、目的とするよりショートアーク型でありながらスクリーン面上の輝度変動及び低下がない高品質の高圧放電ランプが得られるものである。

（製造方法）最後に、上記超高圧水銀ランプ 100 の製造方法について、特に初期点灯により電極 2 の突起部 24 を形成する場合について簡単に説明しておく。この超高圧水銀ランプ 100 の製造方法は大きく次の 3 段階に分けることができる。

【0080】（1）電極部形成工程

図 4 で説明したように、タングステンの電極軸 21 の先端部に二層に巻かれたタングステンコイル 23 を取り付けて（図 4（a））、その先端部をアルゴンプラズマ溶接機（図 5 参照）で溶融・加工してほぼ半球状の電極部 22 を形成する（図 4（b））。

【0081】（2）電極封止工程

図 4（b）のように形成された一対の電極のそれぞれにモリブデン箔・外部モリブデンリード線を接続し、その電極間隔が、正規の出力を得るための距離 D_e より Δd_e だけ長い間隔で対向する状態で発光管 1 の両端部に封止する。この際に、内部の空気が抜かれると共に、上述した量の水銀およびハロゲン物質などが封入される。なお、 Δd_e の値は、次の突起部形成工程において両電極に形成される突起部の高さの和にほぼ等しい値であって、実験などにより予め求められるものである。

【0082】（3）突起部形成工程

上記電極が封止された超高圧水銀ランプ 100 を矩形波電流により所定時間だけ点灯し、電極部 22 の先端に突起部 24 を形成する。この所定時間は、突起部 24 が所定高さまで成長し、ハロゲンサイクル作用によりその高さが安定するまでに要する時間が望ましく、各種の条件により若干異なる。本実施の形態においてはおよそ 3 時間程度に設定される。

【0083】この際、交流の矩形波点灯が行われるが、その周波数は $50 \sim 700Hz$ の範囲内の適当な周波数が設定される。これにより、上述したように半球状の電極部の先端の中心部に突起部が形成される。以上により、図 3 のような電極を備えた超高圧水銀ランプ 100 が製造される。

（変形例）なお、本発明の内容は、上記実施の形態に限定されないのは言うまでもなく、以下のような変形例を考えることができる。

【0084】上記実施の形態においては、電極軸先端の電極部の形状は、ほぼ半球形状としたが、初期点灯により突起部が形成されるのは、最初にアーク放電が生じやすい位置、すなわち相手方電極に一番近接する位置であると考えられるから、半球形状でなくとも相手方電極

に対向する面が凸曲面であれば、当該凸曲面の頂部もしくはその付近に突起部が安定して形成される。

【0085】また、初期点灯におけるハロゲンサイクル作用を使用せず、溶接などによりタングステンのチップを電極部先端に取り付ける方法によれば、上記のように初期点灯において突起部の形成されやすい位置を特に考える必要もないので、先端電極部の熱容量が電極軸の熱容量より大きければ、その形状が凸曲面に限定される必要はない。

【0086】なお、このように電極先端部を凸曲面形状に限定しない場合には、一般的に当該電極部の軸方向の単位長さ当たりの体積が電極軸の部分より大きくなるように形成しておけば、先端電極部の熱容量（厳密には、軸方向の単位長さ当たりの熱容量）を電極軸の部分より大きくすることができる。

上記実施の形態においては、ハロゲンサイクル作用を起こさせるハロゲン物質として臭素を選択したが、他の適当なハロゲン物質を使用することも可能である。

【0087】上記実施の形態においては、ほぼ半球状の電極部22の中心部に突起部24を形成する際に、500～700Hzの範囲の適当な周波数の矩形波電流を通電したが、矩形波に限定されずsin波の交流であってもよい。

上記実施の形態においては、電極管距離Deが0.5～2.0mmの範囲に、あり、かつ定常点灯時の管内水銀蒸気圧が15MPa～35MPaの範囲にある超高圧水銀ランプを例にして説明したが、本発明は、アークジャンプ現象が問題となる他の高圧放電ランプにも適用できることは言うまでもない。

【0088】また、上記実施の形態においては、交流型の放電ランプについて説明したが、上記電極形状によるアークジャンプ現象防止の効果は、理論的には直流型の放電ランプにおいても享受し得る筈である。この場合には、少なくとも陽極の電極が、上記突起部を有する凸曲面の先端電極部を有するようにすればよいであろう。

【0089】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る高圧放電ランプは、一対の電極が、その先端部同士が発光管内で対向するように配設されてなる高圧放電ランプであって、前記一対の電極の少なくとも一方の電極軸の先端には、軸方向の単位長さ当たりの体積が当該電極軸の軸部分よりも大きい電極部が形成されると共に、当該電極部の、相手方の電極先端部に対向する部分に突起部が設けられているので、電極先端部の熱容量が増大して溶融・変形しにくくなると共に、放電アークを電極先端部の前記突起部が形成された中心付近に安定して集束させることができる。

【0090】これにより電極間距離がより短いショートアーク型高圧放電ランプにおける寿命を長くすることができると共に、アークジャンプ現象を実際上ほぼ確実に

抑制することが可能となる。また、本発明に係る高圧放電ランプにおける製造方法は、一対の電極を、その先端部同士が所定間隔をおいた状態で対向するように発光管に封止する封止工程と、前記電極部の、相手方の電極先端部に対向する部分に突起部を形成する突起部形成工程とを含んでおり、これにより上記高性能の高圧放電ランプを製造することができる。特に、突起部形成工程において、所定の条件下でランプを点灯することにより当該突起部を容易に形成することができ、生産性がよい。

【0091】さらに封止工程は、前記一対の電極の正規の電極間距離がDeである場合において、当該一対の電極を、その先端部の距離が上記DeよりΔdeだけ大きい状態で発光管に封止することにより、上記突起部形成工程により突起部が形成されて電極間距離が狭くなったときに丁度正規の電極間距離になるように設定でき、ランプ出力が、規格値より低下しないようにすることができる。

【0092】さらに本発明に係るランプの点灯方法によれば、放電アーク電流や点灯周波数を制御することにより常に最適な電極間距離を維持でき、長時間使用してもスクリーン面上の輝度変動及び低下がない点灯が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に係る超高圧水銀ランプの構造を示す断面図である。

【図2】上記超高圧水銀ランプを使用したランプユニットの構成を示す一部切欠き斜視図である。

【図3】上記超高圧水銀ランプにおける電極の形状を示す図である。

【図4】上記電極の製造における電極先端部の溶融・加工の工程を説明するための図である。

【図5】上記電極先端部を溶融・加工するアルゴンプラズマ溶接装置の構成を示す図である。

【図6】上記超高圧水銀ランプにおける電極間のアーク放電の様子を示す図である。

【図7】上記超高圧水銀ランプの点灯装置の構成を示すブロック図である。

【図8】従来のショートアーク型高圧放電ランプ用電極の先端形状を示す図である。

【図9】上記ショートアーク型高圧放電ランプ用電極におけるアークジャンプ現象の発生状態を示す図である。

【符号の説明】

- 1 発光管
- 2、3 電極
- 4、5 モリブデン箔
- 6、7 外部モリブデンリード線
- 8 発光空間
- 9 水銀
- 11 スペース
- 12 反射ミラー

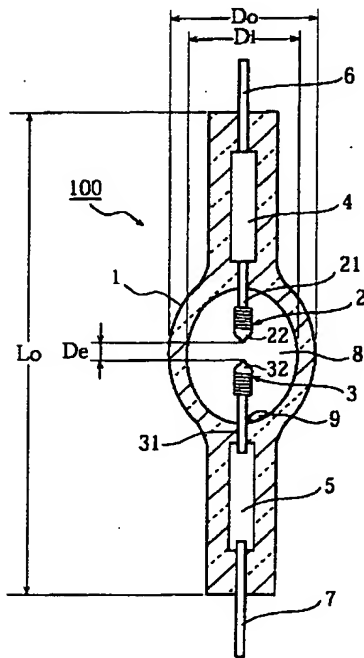
25

- 21, 31 電極軸
 22, 32 電極部
 23, 33 コイル
 24, 34 突起部
 40 プラズマトーチ
 42 陰極棒
 100 超高压水銀ランプ
 200 ランプユニット

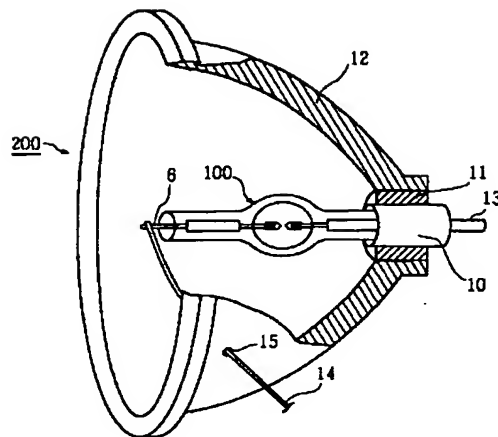
26

- 300 ランプ点灯装置
 301 DC電源
 302 DC/DCコンバータ
 303 DC/ACインバータ
 304 高压発生器
 305 制御部
 306 電流検出器
 307 電圧検出器

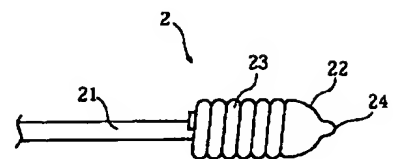
【図1】



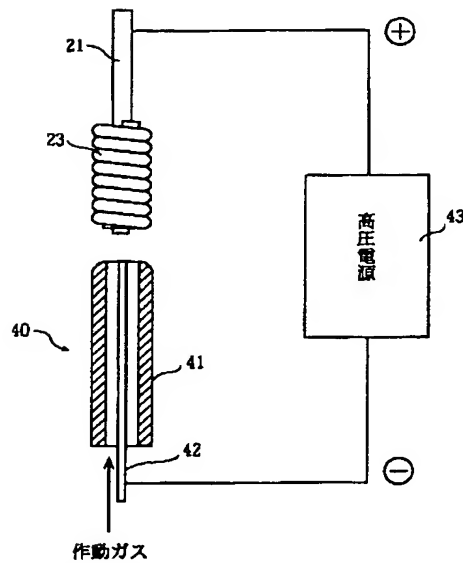
【図2】



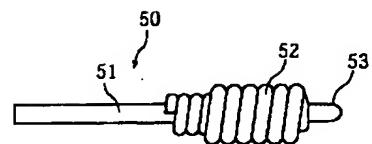
【図3】



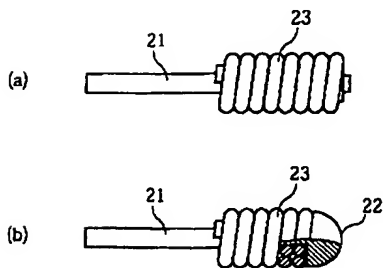
【図5】



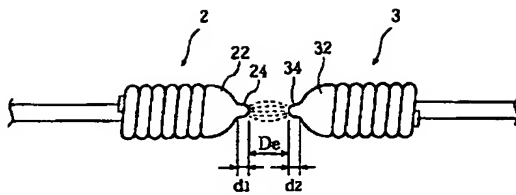
【図8】



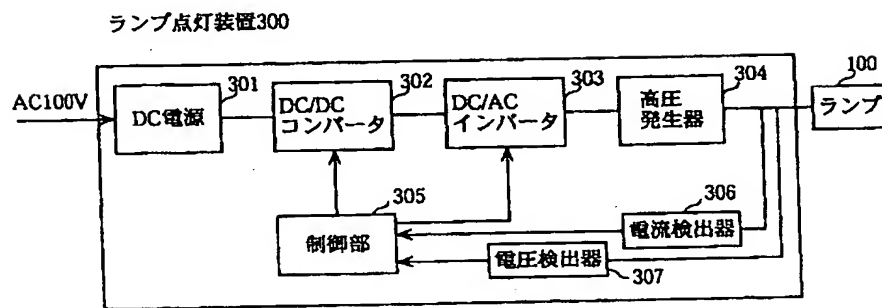
【図4】



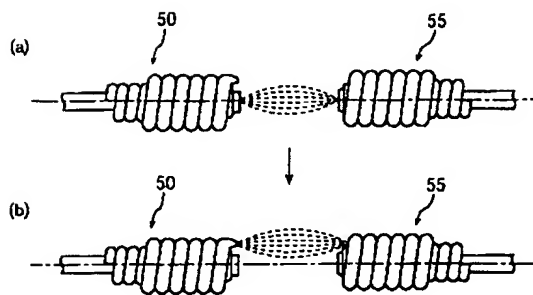
【図 6】



【図 7】



【図 9】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

H 0 1 J 61/88

H 0 1 J 61/88

U

H 0 5 B 41/16

3 4 0

H 0 5 B 41/16

3 4 0

(72) 発明者 永井 治男

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業
株式会社内

F ターム(参考) 3K082 AA22 BD03 BD04 BD26 BD32
CA32
5C012 AA08 RR09
5C015 JJ02
5C039 HH02 HH04 HH15